

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-141768

(43)Date of publication of application : 17.05.2002

(51)Int.Cl. H03H 9/145

(21)Application number : 2000-336136

(71)Applicant : ALPS ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 02.11.2000

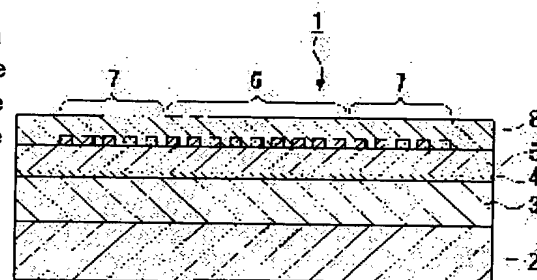
(72)Inventor : SATO TAKASHI  
OZAKI KYOSUKE  
WAGA SATOSHI

## (54) SURFACE ACOUSTIC WAVE ELEMENT

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a SAW(surface acoustic wave) element that can attain a high frequency configuration and stabilized temperature characteristics the and realize a filter/an antenna multicoupler with a wider band than that of conventional filter/antenna multicoupler.

**SOLUTION:** The SAW element 1 of this invention is formed by layering a diamond film 3, a metallic film 4, a piezoelectric film 5, and a silicon oxide film 8 on a silicon substrate 2 from the lower layer, and an IDT electrode 6 and a reflector 7 are provided between the piezoelectric film 5 and the silicon oxide film 8. Then the film thickness of the piezoelectric film 5 and the film thickness of the silicon oxide film 8 are respectively set to the film thickness where a sound velocity of the 0th-order mode and a sound velocity of the 1st-order mode are equal to each other in the excited surface acoustic wave mode.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-141768  
(P2002-141768A)

(43)公開日 平成14年5月17日(2002.5.17)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 3 H 9/145

識別記号

F I

H 0 3 H 9/145

テーマコード(参考)

C 5 J 0 9 7

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願2000-336136(P2000-336136)

(22)出願日 平成12年11月2日(2000.11.2)

(71)出願人 000010098

アルプス電気株式会社

東京都大田区雪谷大塚町1番7号

(72)発明者 佐藤 崇

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

(72)発明者 尾崎 恭輔

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

(74)代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外6名)

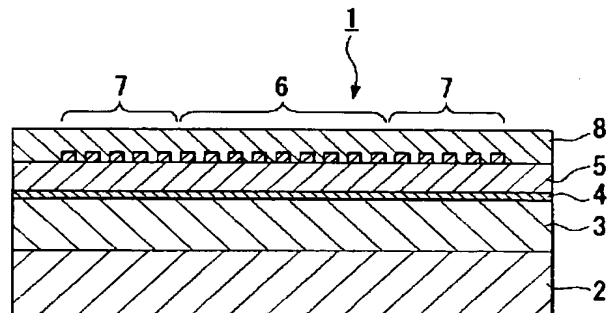
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 表面弾性波素子

(57)【要約】

【課題】 高周波化、温度特性の安定化が図れ、従来より広帯域なフィルタ、アンテナ共用器を実現し得るSAW素子を提供する。

【解決手段】 本発明のSAW素子1は、シリコン基板2上に下層側からダイヤモンド膜3、金属膜4、圧電体膜5、シリコン酸化膜8が積層されるとともに、圧電体膜5とシリコン酸化膜8との間にIDT電極6および反射器7が設けられたものである。そして、圧電体膜5の膜厚およびシリコン酸化膜8の膜厚が、励振される表面弾性波のモードのうち、0次モードの音速と1次モードの音速とが等しくなる膜厚の値にそれぞれ設定されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に下層側からダイヤモンド膜、圧電体膜、シリコン酸化膜が積層されるとともに、前記圧電体膜と前記シリコン酸化膜との間に電極が設けられ、前記圧電体膜の膜厚および前記シリコン酸化膜の膜厚が、励振される表面弾性波のモードのうち、0次モードの音速と1次モードの音速とが等しくなる膜厚の値にそれぞれ設定されたことを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項2】 前記ダイヤモンド膜と前記圧電体膜との間に金属膜が設けられたことを特徴とする請求項1に記載の表面弾性波素子。

【請求項3】 基板上に下層側からダイヤモンド膜、圧電体膜、シリコン酸化膜が積層されるとともに、前記ダイヤモンド膜と前記圧電体膜との間に電極が設けられ、前記圧電体膜の膜厚および前記シリコン酸化膜の膜厚が、励振される表面弾性波のモードのうち、0次モードの音速と1次モードの音速とが等しくなる膜厚の値にそれぞれ設定されたことを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項4】 前記圧電体膜と前記シリコン酸化膜との間に金属膜が設けられたことを特徴とする請求項3に記載の表面弾性波素子。

【請求項5】 前記圧電体膜は、 $ZnO$ 、 $AlN$ 、 $LiTaO_3$ 、 $LiNbO_3$ 、 $KNbO_3$ のいずれか一種からなることを特徴とする請求項1または3に記載の表面弾

$$f = v / \lambda = v / 4w \quad (\lambda: \text{表面弾性波の波長}) \quad \cdots \cdots (1)$$

(1)式から明らかなように、電極指の線幅(間隔) $w$ が小さく、音速 $v$ が大きい程、高周波帯域で使用できることになる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の $LiTaO_3$ 、 $LiNbO_3$ などを用いたSAW素子では、これら圧電体材料における音速が3000~4000m/sec程度である。このため、移動体通信機器に用いられるようなマイクロ波帯、例えば使用周波数が2GHz帯向けのSAWフィルタを得ようとする、上記

(1)式から、楕形電極の線幅を0.5 $\mu m$ 以下とする必要がある。この場合、高度の微細加工技術が必要となり、製造プロセスにおけるフォトリソグラフィ技術の限界から素子の歩留まりが低くなるという問題があった。

【0005】またSAW素子をアンテナ共用器として用いる場合、アンテナに近接してSAW素子を設置することになり、素子に多大な電力が印加される。そのため、0.5 $\mu m$ 以下といった微細な線幅の電極ではストレスマイグレーションが生じ、場合によっては断線やショート不良が発生する恐れもあった。

【0006】そこで、ここまで電極線幅を細くすることなく、高周波帯向けのSAW素子を得るために、より音速の大きい材料を用いることが考えられた。実際に、圧電体層に加えて、音速が10000m/secを越えるダイ

性波素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、表面弾性波素子に関し、特に移動体通信機器のフィルタ、アンテナ共用器等に用いて好適な表面弾性波素子に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】表面弾性波素子は、弾性体の表面を伝播する表面弾性波(Surface Acoustic Wave, 以下、SAWと略記することもある)を利用した電気・機械変換素子である。図5に示すものは最も基本的なSAW素子の一例である。このSAW素子100では圧電体単結晶材料からなる基板101の表面に入力用電極102、出力用電極103が形成されている。これら電極102、103は複数の電極指を有する楕形の電極であり、電気信号と弾性表面波との間の変換器(Inter-Digital Transducer, 以下、IDT電極と記すこともある)として機能する。また、一般的な圧電体材料としては、タンタル酸リチウム( $LiTaO_3$ )、ニオブ酸リチウム( $LiNbO_3$ )などが用いられていた。

【0003】SAW素子においては、弾性体表面を伝播する表面弾性波の音速 $v$ と楕形電極の電極指の線幅(間隔) $w$ によって使用周波数 $f$ が決まる。その関係は次式の通りである。

ヤモンド薄膜を積層したSAW素子が提案されている。さらに、移動体通信機器の使用環境により温度や湿度の変動があっても安定した素子特性を維持できることが要求されている。そのために、圧電体層および楕形電極の上方にシリコン酸化膜を形成したSAW素子も提案されている。シリコン酸化膜は、絶縁膜であると同時にパッシベーション膜としても優れた特性を有しているからである。

【0007】一般にフィルタの通過帯域幅は、フィルタを構成する共振器の共振周波数と反共振周波数との差を共振周波数で割った値である比帯域の値に依存し、この比帯域の値が大きいほど広帯域のフィルタということになる。そして、上記の高周波化対策、温度特性安定化対策としてダイヤモンド膜やシリコン酸化膜を備えたSAW素子を基に、従来よりも広帯域なフィルタを実現したい、という要求があった。

【0008】本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであって、高周波化、温度特性の安定化が図れ、従来より広帯域なフィルタ、アンテナ共用器を実現し得るSAW素子を提供することを目的とする。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明のSAW素子は、基板上に下層側からダイヤモンド膜、圧電体膜、シリコン酸化膜が積層されるとともに、圧電体膜とシリコン酸化膜との間に電極が設け

られ、圧電体膜の膜厚およびシリコン酸化膜の膜厚が、励振される表面弾性波のモードのうち、0次モードの音速と1次モードの音速とが等しくなる膜厚の値にそれぞれ設定されたことを特徴とする。

【0010】本発明者らは、SAW素子において温度特性の安定化のために用いられているシリコン酸化膜や圧電体膜の膜厚を変えると、それに応じてSAWの音速や比帯域が変化することを見出した。一般に、基板上に圧電体膜を形成したSAW素子の場合、例えばダイヤモンド膜上に $\text{LiTaO}_3$ などの圧電体膜を形成した場合のように、圧電体膜の音速よりも下地基板の音速の方が大きいときには、伝搬速度が異なる複数の表面弾性波が励振される。その場合、励振モードは、伝搬速度が小さい方から順に0次モード、1次モード、2次モード、…

$$\Delta f = (f_{ar} - f_r) / f_r \times 100 \quad [\%] \quad \cdots (3)$$

と定義する。

【0012】上記構成の本発明のSAW素子は、圧電体膜とシリコン酸化膜との間、すなわち圧電体膜の上面に電極を設けたものであるが、この構成の場合、ダイヤモンド膜と圧電体膜との間、すなわち圧電体膜の下面に金属膜を設けることが望ましい。このように、圧電体膜の間に挟んで電極と金属膜を配置し、金属膜の電位を電気的にフローティング、もしくはIDT電極の一方の電極と接続する構成とすれば、IDT電極に電気信号を入力した際に電界が圧電体膜に集中するので、高効率で比帯域の大きなSAW素子が得られる。

【0013】また上記の構成とは逆に、ダイヤモンド膜と圧電体膜との間、すなわち圧電体膜の下面に電極を設けてもよい。この構成の場合、圧電体膜とシリコン酸化膜との間、すなわち圧電体膜の上面に金属膜を設けることが望ましい。これにより、上述したように、高効率で比帯域の大きなSAW素子が得られる。

【0014】圧電体膜の材料としては、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{LiTaO}_3$ 、 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{KNbO}_3$ のいずれか一種を用いることができる。

【0015】

【発明の実施の形態】〔第1の実施の形態〕以下、本発明の第1の実施の形態を図1～図3を参照して説明する。図1は本実施の形態のSAW素子の平面図、図2は図1のA-A'線に沿う断面図である。なお、図示の都合上、図1、図2における各膜の膜厚の比率や縦横の寸法比率は実際の素子とは異なっている。

【0016】本実施の形態のSAW素子1は、図2に示すように、シリコン基板2上に下層側からダイヤモンド膜3、金属膜4、圧電体膜5が積層され、圧電体膜5の上面にIDT電極6と反射器7とが形成されている。IDT電極6および反射器7の配置は、図1に示すように、各電極指が噛み合うように配置された一対の櫛形電極からなるIDT電極6の両側方に、ストライプ状の反射器7がそれぞれ配置されている。そして、IDT電極

というように規定される。本発明者らは、比帯域を比較的広くとることができる0次モードと1次モードに着目し、シリコン酸化膜および圧電体膜の膜厚がある特定の膜厚（規格化膜厚）の値のとき、0次モードの音速と1次モードの音速が等しくなり、このときの比帯域が他の膜厚での比帯域に比べて特異的に大きい値を示すことを見出した。

【0011】本明細書において、「規格化膜厚」とは無次元のパラメータであり、膜厚をH、SAWの波長を $\lambda$ とすると、規格化膜厚kHは、

$$kH = (2\pi/\lambda) \cdot H \quad \cdots (2)$$

と定義する。また、「比帯域」とは、その素子における共振周波数を $f_r$ 、反共振周波数を $f_{ar}$ とすると、比帯域 $\Delta f$ は、

6および反射器7を覆うように圧電体膜5上にはシリコン酸化膜8が積層されている。金属膜4はどこにも接続されずに電気的にフローティングであるか、もしくはIDT電極6の一方の電極と接続されているかのいずれかである。上記構成において、ダイヤモンド膜3はSAWの音速を高めるためのもの、シリコン酸化膜8は素子の温度特性を安定化させるためのものである。

【0017】金属膜4、IDT電極6および反射器7の材料としては、例えばPt、Ag、Au、Pd、Niのいずれか一種からなる単層膜、もしくはこれらの単層膜の下地にTiまたはCrの膜を敷いた積層膜を用いることができる。圧電体膜5の材料としては、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{LiTaO}_3$ 、 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{KNbO}_3$ のいずれか一種を用いることができる。また、各種膜の膜厚の一例を挙げると、ダイヤモンド膜3が $12\mu\text{m}$ 程度、金属膜4が $25\mu\text{m}$ 程度、圧電体膜5が $500\mu\text{m}$ 程度、IDT電極6および反射器7を構成する金属膜が $100\mu\text{m}$ 程度、シリコン酸化膜8が $200\mu\text{m}$ 程度である。

【0018】本発明者らは、上記構成のSAW素子を用い、圧電体膜とシリコン酸化膜の膜厚とSAWの音速および比帯域との関係について調べた。その結果が図3である。図3において、横軸はシリコン酸化膜の規格化膜厚、左側の縦軸はSAWの音速(m/sec)、右側の縦軸は比帯域(%)である。図中の記号「◇」は0次モードにおける音速、「○」は1次モードにおける音速、「△」は0次モードにおける比帯域、「◎」は1次モードにおける比帯域、をそれぞれ示している。

【0019】実際の測定に用いたSAW素子の仕様は、Si基板/ダイヤモンド膜（膜厚： $12\mu\text{m}$ ）/Pt膜（膜厚： $25\mu\text{m}$ ）/ZnO膜（膜厚： $537\mu\text{m}$ ）/IDT電極/シリコン酸化膜の積層構造のものである。図3に示すシリコン酸化膜の規格化膜厚と音速および比帯域の相関曲線は圧電体膜の膜厚に応じて変化するが、ここでは圧電体膜の膜厚を一定にしてシリコン酸化膜の膜厚を変化させた。また、図3の横軸に示す規格化膜厚

は(2)式を用いて計算したが、計算にあたってSAWの波長 $\lambda$ は $\lambda=4\mu\text{mnm}$ とした。また、音速および比帯域の測定は、ネットワークアナライザによるSパラメータ測定により共振周波数 $f_r$ および反共振周波数 $f_{ar}$ を求め、音速は前記(1)式により $v=f_r \times \lambda$ の計算から求め、比帯域は前記(3)式を用いた計算から求めた。

【0020】図3から明らかなように、SAWの音速は、0次モード、1次モードともにシリコン酸化膜の規格化膜厚が厚くなるにつれて緩やかに減少する傾向を示している。これに対して、比帯域の方は、0次モード、1次モードともに規格化膜厚が0.3付近のところで極大値を持っている。つまり、規格化膜厚が0.3付近では0次モードでの音速と1次モードでの音速が等しくなる点があり、しかもそこでは比帯域が特異的に大きい値を示すことがわかった。したがって、この素子の場合、圧電体膜の膜厚を $537\mu\text{m}$ 、シリコン酸化膜の規格化膜厚を0.3(実際の膜厚に換算すると $191\mu\text{m}$ )に設定すると、この積層構造のSAW素子における最大の比帯域を得ることができる。

【0021】このように、本実施の形態によれば、高周波化、温度特性の安定化が図れ、従来より広帯域なフィルタ、アンテナ共用器を実現し得るSAW素子を得ることができる。また、圧電体膜5の下面にIDT電極6と対向させて金属膜4を設け、金属膜4の電位を電氣的にフローティング、もしくはIDT電極6の一方の電極と接続する構成としているので、IDT電極6に電気信号を入力した際に電界が圧電体膜5に集中する。その結果、高効率で比帯域の大きなSAW素子が得られる。

【0022】[第2の実施の形態]以下、本発明の第2の実施の形態を図4を参照して説明する。本実施の形態のSAW素子の基本構造は第1の実施の形態と同様であり、第1の実施の形態と異なる点は積層構造の順番のみである。よって、図4(第1の実施の形態の図2に相当する断面図)において共通の構成要素には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

【0023】本実施の形態のSAW素子10は、図4に示すように、シリコン基板2上にダイヤモンド膜3が形成され、ダイヤモンド膜3の上面にIDT電極6と反射器7とが形成されている。そして、IDT電極6および反射器7を覆うようにダイヤモンド膜3上に圧電体膜5

が形成され、その上に金属膜4、シリコン酸化膜8が積層されている。各膜に使用できる材料や膜厚等は第1の実施の形態と同様である。

【0024】本実施の形態においても、高周波化、温度特性の安定化が図れ、従来より広帯域なフィルタ、アンテナ共用器を実現し得るSAW素子が得られるという第1の実施の形態と同様の効果を得ることができる。また、金属膜4を設けたことで高効率のSAW素子が得られるという点も第1の実施の形態と同様である。

【0025】なお、本発明の技術範囲は上記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。例えばSAW素子を構成する各膜の材料、膜厚、IDT電極の形態等については上記実施の形態に限らず、種々の変更が可能である。

#### 【0026】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明によれば、高周波化、温度特性の安定化が図れ、従来より広帯域なフィルタ、アンテナ共用器を実現し得るSAW素子を得ることができる。これにより、2GHz帯程度の高周波帯を必要とする移動体通信機器に好適なものとなる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態のSAW素子を示す平面図である。

【図2】 図1のA-A'線に沿う断面図である。

【図3】 シリコン酸化膜の規格化膜厚とSAWの音速および比帯域との相関関係を示すグラフである。

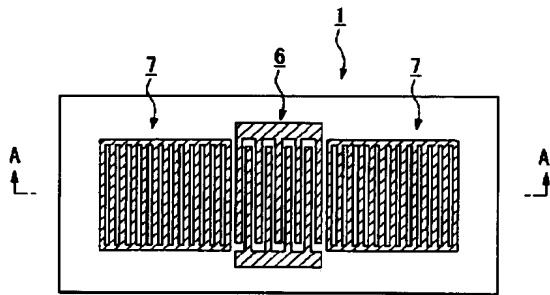
【図4】 本発明の第2の実施の形態のSAW素子を示す断面図である。

【図5】 従来のSAW素子の一例を示す斜視図である。

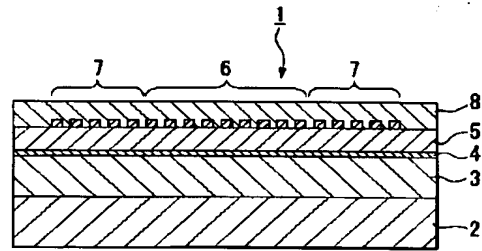
#### 【符号の説明】

- 1, 10 SAW素子
- 2 シリコン基板
- 3 ダイヤモンド膜
- 4 金属膜
- 5 圧電体膜
- 6 IDT電極
- 7 反射器
- 8 シリコン酸化膜

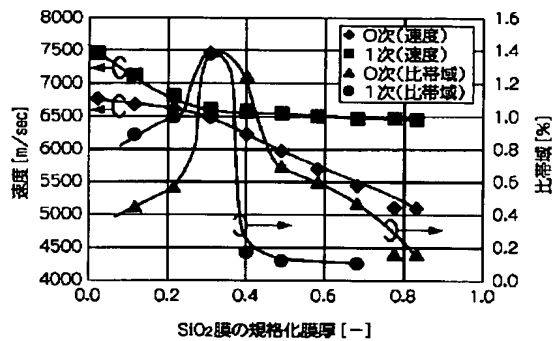
【図1】



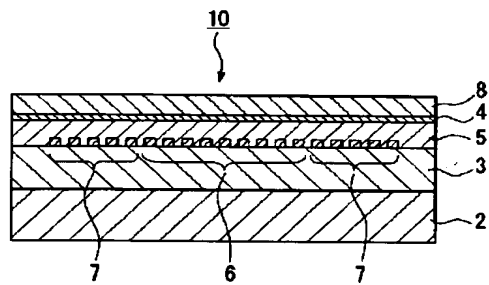
【図2】



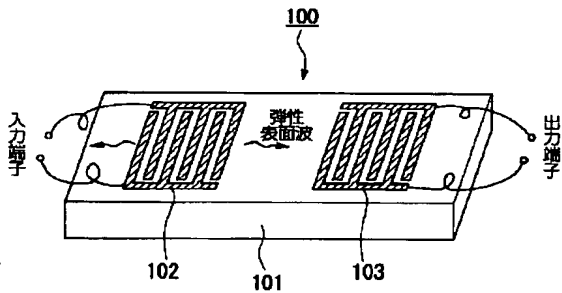
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 和賀 聡  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ  
ス電気株式会社内

Fターム(参考) 5J097 AA13 AA19 AA23 BB11 BB15  
EE08 FF01 FF02 FF05 FF08  
KK05 KK09